Journal of Agroecology
Homepage: http://agry.um.ac.ir

Research Article
Vol. 16, No. 1, 2024, p. 81--95

The Evaluation of Planting Direction on the Consumption of Resources and Soil Nutrients in Sunflower (*Helianthus annus* L.) and CowPea (*Phaseolus vulgaris* L.) Intercropping

Elham Vaziri[1], Mehdi Dahmardeh[2*] and Issa Khammari[3]

1- M.Sc, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.
2- Associated Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.
3- Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.
(*- Corresponding author's Email: dr.dahmardeh@uoz.ac.ir)

Received: 15-07-2022 Revised: 24-12-2022 Accepted: 28-12-2022 Available Online: 28-12-2022	**How to cite this article:** Vaziri, E., Dahmardeh, M., & Khammari, I. (2024). The evaluation of planting direction on the consumption of resources and soil nutrients in sunflower (*Helianthus annus* L.) and cowpea (*Phaseolus vulgaris* L.) intercropping. *Journal of Agroecology*, *16*(1), 81-95. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/agry.2022.77648.1117

Introduction

Agriculture plays an essential role in providing food, and in order to achieve sustainability in the agricultural sector, resources must be used in the best possible way. In order to achieve the maximum possible yield, it is necessary for the crop plant to use the environmental factors, water, nutrients, light, and carbon dioxide, with the maximum possible efficiency. The maximum use of the required factors for growth is achieved only when the plant community exerts maximum pressure on these factors. In general, intercropping is one of the ways to achieve sustainable agriculture, with higher yields without increasing agricultural inputs, absorption, and environmental factors productivity. Researchers for the intercropping of corn and mung bean have reported that the mixed cultivation systems used environmental resources more effectively compared to the sole cropping of corn and mung bean. For this reason, nowadays, many plants, especially legumes, are cultivated in an intercropping form due to their ability to fix nitrogen. Due to the lack of resources regarding the effect of planting direction on plant yield, this study was conducted in order to evaluate resources and soil nutrients by changing the planting direction and replacing the intercropping system of the sunflower with cowpea.

Materials and Methods

This research was conducted in the field of the Agricultural Research Station of Zabol University during 2015-2016. The experiment was performed as a split-plot based on a randomized complete block design with three replications at the Research Farm of the Agricultural Research Institute of Zabol University. The main factor was two levels of planting direction (North-South and East-West), and the secondary factor was intercropping system in five levels, including (100% pure sunflower), (100% pure cowpea), (50% sunflower + 50% cowpea) (25% cowpea + 75% sunflower) and (75 % cowpea + 25%sunflower) were considered. Data for studied traits were measured as follows: radiation, temperature, volumetric humidity, calcium, phosphorus,

https://doi.org/10.22067/agry.2022.77648.1117

magnesium, potassium, and the land equality ratio. Statistical analysis including, analysis of variance and mean comparisons (least significant difference (LSD) test at the 5% level), were applied to evaluated traits.

Results and Discussion

The variance analysis results indicated a significant difference ($P<0.01$) for the active photosynthetic radiation trait. The maximum absorption of photosynthetically active radiation (PAR) was in the east-west cultivation direction (77.90%) compared to the north-south treatment, which was 24.6% more than the north-south direction. The analysis of variance indicated that the cultivation direction and intercropping systems on the amount of phosphorus in the soil after harvest were significant at 1% probability level. The comparison of means treatments showed that the amount of phosphorus in the soil in the direction of east-west cultivation was 15% higher compared to the direction of north-south cultivation.

The highest amount of soil potassium was obtained in the east-west treatment and the intercropping system of 50% sunflower plus 50% cowpea (24.7 ppm). The lowest amount of soil potassium (16.15 ppm) was obtained in the treatment of east-west cultivation and the intercropping system of 75% sunflower plus 25% cowpea. The relative advantage of intercropping is expressed by the land equivalent ratio. The increase in the ratio of equal land per unit shows the relative usefulness of intercropping compared to sole cropping of each of the mixed components. The comparison of means of the intercropping system showed that among the treatments, the mixture of 75% sunflower plus 25% cowpea had the highest land equivalent ratio (2.54).

Conclusion

It seems that in order to maintain humidity make maximum use of limited water resources, and obtain high yield, the intercropping system of 75% sunflower plus 25% cowpea and planting direction the prevailing wind of the region (east-west) should be suitable for this region and regions with similar climate and windy conditions.

Acknowledgments

We would like to thank the chairman and the respected staff of the Agricultural Research Institute of Zabul University, who sincerely accompanied us in the implementation of this thesis.

Keywords: Land equivalent ratio, PAR, Soil temperature, Soil moisture

نشریه بوم شناسی کشاورزی
Homepage: http://agry.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۱۶، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳، ص ۹۵-۸۱

ارزیابی اثر جهت‌های کاشت بر مصرف منابع و عناصر غذایی خاک در کشت مخلوط آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) و لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.)

الهام وزیری[۱]، مهدی دهمرده[۲]* و عیسی خمری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۲۴
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۰/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۰۷

چکیده:

به منظور بررسی اثر جهت‌های کاشت بر مصرف منابع و عناصر غذایی خاک در کشت مخلـوط آفتـابگردان(*Helianthus annuus* L.) و لوبیـا چشم بلبلی(*Vigna unguiculata* L.) آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلـوک‌هـای کامـل تصـادفی بـا سـه تکـرار در مزرعـه تحقیقاتی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل اجرا گردید. عامل اصلی جهت کاشت در دو سطح (شـمالی- جنـوبی و شـرقی- غربـی) و سیسـتم کشـت مخلوط به‌عنوان عامل فرعی در پنج سطح شامل: (۱۰۰ درصد آفتابگردان خالص)، (۱۰۰ درصد لوبیا خالص)، (۵۰ درصد آفتابگردان بـه‌علاوه ۵۰ درصـد لوبیا)، (۲۵ درصد لوبیا به‌علاوه ۷۵ درصد آفتابگردان) و (۷۵ درصد لوبیا به‌علاوه ۲۵ درصد آفتابگردان) در نظر گرفته شد. صفات مـورد بررسـی در ایـن پژوهش شامل تشعشع، دما، رطوبت حجمی، کلسیم، فسفر، منیزیم، پتاسیم و نسبت برابری زمین مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشـان داد کـه کاشـت گیاهان در جهت خلاف جهت باد (شرقی- غربی) بیشترین میزان جذب تشعشع فعـال فتوسـنتزی (۷۷/۹۰ درصـد) و بیشـترین رطوبـت حجمـی خـاک (۶۳/۳۹ درصد) و کمترین دمای خاک (۲۶/۷۸ سانتی‌گراد) را داشت. بالاترین مقدار نسبت برابری زمین (۲/۵۴) از کشت مخلوط (۲۵ درصد لوبیا به‌علاوه ۷۵ درصد آفتابگردان) به‌دست آمد. نتایج تغییرات عناصر غذایی نشان داد که بیشترین مقدار پتاسیم خاک (۲۴/۷۰ میلی گرم بر کیلوگرم) در جهت کاشت شرقی- غربی و در کشت مخلوط ۵۰ درصد آفتابگردان به‌علاوه ۵۰ درصد لوبیا چشم بلبلی وجود داشت. با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان بیان کرد که در شرایط ویژه اقلیمی کنونی منطقه و مناطق مشابه با کشت گیاهان در جهت خلاف جهت باد و اسـتفاده از نسـبت کاشـت ۷۵ درصـد آفتـابگردان به‌علاوه ۲۵ درصد لوبیا چشم بلبلی میزان عملکرد بیشتری نیز حاصل می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: تشعشع فعال فتوسنتزی، دمای خاک، رطوبت خاک، نسبت برابری زمین

مقدمه

محدودیت اراضی مناسب کشاورزی و کاهش کیفیت خـاک‌هـای زراعی به‌دلیل فرسایش منجر به محدودیت خـاک بـه‌عنـوان یکـی از منابع در کشاورزی ایران و جهان شده است. در چند دهه اخیر تـلاش شده تا با بهره‌گیری همزمان از اراضی با کشت مخلوط شـرایط بـرای ثبات و پایداری در بوم‌نظام‌های کشاورزی حفـظ شـود (Ibrahim et al., 2014). کشت مخلوط یکی از روش‌ها و ابزارهای مـورد اسـتفاده در راه رسیدن به کشاورزی پایدار، بـا عملکـرد بیشـتر بـدون افـزایش نهاده‌های کشاورزی و افـزایش جـذب و بهـره‌وری بیشـتر از عوامـل محیطی و مـواد غـذایی موجـود در خـاک اسـت (Mansori et al., 2013). در زراعت‌های چندکشتی آنچه بیشتر مـد نظـر اسـت، مهـار

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابـل، زابل، ایران.
۲- دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.
۳- استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: dr.dahmardeh@uoz.ac.ir)
https://doi.org/10.22067/agry.2022.77648.1117

تغییرات زمانی و مکانی یا به عبارت دیگر، حداکثر استفاده از فصل رشد، آب، درجه حرارت، تشعشع و سایر منابع می‌باشد (Moradi et al., 2017). نظام‌های چندکشتی از ثبات اکولوژیکی بالاتری نسبت به نظام‌های تک‌کشتی برخوردار می‌باشند (Gonias et al., 2011). کشت مخلوط به‌عنوان نمونه‌ای از نظام‌های پایدار در کشاورزی اهدافی نظیر افزایش تنوع زیستی، کاهش خسارات ناشی از آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز، بهره‌برداری بیشتر از منابع طبیعی، افزایش کمّی و کیفی عملکرد (Shobeiri et al., 2011)، ثبات عملکرد در شرایط نامطلوب محیطی، کنترل فرسایش خاک و ایجاد تنوع و ثبات در بوم‌نظام‌های زراعی را دنبال می‌کند (Kremer & Kussman, 2011).

یکی از راهکارهای بررسی بهره‌وری کشت مخلوط، استفاده از شاخص‌های سودمندی است. در بوم‌نظام کشت مخلوط، هر دو جمعیت گیاهی برای بهره‌برداری از منابع یکسان یا مشابه رقابت دارند (Moghbeli et al., 2019). رایج‌ترین روش استفاده شده برای ارزیابی سودمندی عملکرد در کشت مخلوط نسبت برابری زمین است. به‌وسیله این شاخص مشخص می‌شود که چه مقداری زمین به‌صورت تک کشتی مورد نیاز است تا همان مقدار محصول به‌صورت مخلوط به‌دست آید (Tsubo et al., 2011). نتایج مطالعات الهدادی و همکاران (Allahdadi et al., 2013)(روی کشت مخلوط ردیفی سویا (*Glycine max* L.) و همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) مؤید افزایش نسبت برابری زمین در الگوهای کشت مخلوط بود. در بررسی کشت مخلوط کنجد (*Sesamum indicum* L.) و نخود (*Cicer arietinum* L.) بیان گردید که بالاترین میزان کارایی تشعشع در تیمار ۱۰۰ درصد کنجد به‌علاوه ۳۰ درصد نخود به‌دست آمد (Farzin et al., 2016). در صورتی که اجزای کشت مخلوط از نظر استفاده از منابع متفاوت باشند، می‌توانند استفاده مؤثرتری از تشعشع، آب و مواد غذایی نسبت به کشت خالص داشته باشند (Amini Machiani et al., 2018). به‌کارگیری تراکم‌های مطلوب دو گونه در کشت مخلوط موجب اشغال مناسب نیچ‌های خالی و افزایش جذب عناصر غذایی در واحد سطح و کاهش میزان تلفات می‌گردد که این امر می‌تواند در بهبود میزان کارایی استفاده از عناصر غذایی مؤثر باشد (Rezvani Moghadam & Seyedi, 2014).

در مناطقی که دارای بارندگی بسیار کم هستند، مهم‌ترین عاملی که باید در نظر گرفته شود، جهت بادهای غالب است. در مناطق خشک هند ردیف‌های شمال غربی- جنوب شرقی در زاویه عمود بر جهت بادهای غالب قرار دارند و انجام کشت بر روی پشته‌هایی که در این جهت احداث شده‌اند، موجب کاهش سرعت باد، کاهش دمای خاک (سطح) به‌میزان ۴-۳ درجه سانتی‌گراد، افزایش رطوبت نسبی و ذخیره آب در خاک به‌میزان ۴۰-۲۵ درصد می‌شوند که علت آن دمای کمتر خاک و کاهش سرعت باد و در مجموع، موجب افزایش عملکرد می‌باشد (Sharifi et al., 2017). از جمله تبعات فرسایش بادی می‌توان به کاهش حاصلخیزی خاک اشاره کرد (Kheirabadi et al., 2018; Sirjani et al., 2019). عواملی مانند رطوبت کم، پوشش گیاهی محدود، خصوصیات فیزیکی خاک و وقوع بادهای شدید احتمال فرسایش بادی را افزایش می‌دهد (Du et al., 2018). شاید بتوان چنین بیان کرد که اجرای الگوی کشت صحیح با مدیریت شرایط محیطی در بعد زمان و مکان (Moradi et al., 2017)، و حداکثر استفاده از فصل رشد، آب، درجه حرارت، تشعشع و سایر منابع (Amini Machiani et al., 2018)، از طریق انتخاب تراکم و جهت مناسب کشت امکان‌پذیر است (Morales et al., 2009). نتیجه برخی پژوهش‌ها در ارتباط با جهت‌های کاشت بیانگر آن است که جهت‌های کاشت می‌تواند بر روی میزان محصول ارقام از طریق افزایش سطح برگ و جذب تشعشع تأثیر داشته باشد (Nasser Alavi & Shamsuddin, 2008). در مناطق گرمسیری، استفاده بهینه از تشعشع خورشید از طریق انتخاب تراکم و جهت مناسب کشت امکان پذیر است (Morales et al., 2009). در کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و ماش (*Vigna radiate* L.) محققین گزارش کردند که سیستم‌های کشت مخلوط در مقایسه با کشت‌های خالص ذرت و ماش از منابع محیطی به‌طور مؤثرتری استفاده کردند و در این رابطه، اجزای مخلوط مکمل هم بودند (Poggio, 2005).

یکی از موفق‌ترین سیستم‌های کشت مخلوط، سیستمی است که در آن بقولات در مخلوط با یک گیاه غیر بقولات کشت شده باشد (Rahmati et al., 2020; Moghbeli et al., 2019). کشت مخلوط می‌تواند به‌جهت تنوع محصولات و افزایش سود حاصله در واحد سطح و زمان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد (Ibrahim et al., 2014). در این پژوهش، دو گیاه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) و لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) به لحاظ تفاوت‌های رشدی و مورفولوژیکی و نیازهای اکولوژیکی متفاوت به‌منظور تأثیر کشت مخلوط و جهت‌های کاشت بر کارایی مصرف

منابع و عناصر غذایی خاک، و تعیین بهترین نسبت کشت مخلوط این دو گونه با توجه به بالاترین عملکرد و نسبت برابری زمین انتخاب شدند.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۶- ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل اجرا گردید. پژوهشکده کشاورزی در ۳۵ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان زابل با طول جغرافیایی ۶۱ درجه و ۳۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی، در ارتفاع ۴۸۰ متری از سطح دریا قرار دارد. آب و هوای منطقه براساس طبقه بندی کوپن جزو اقلیم‌های خشک بسیار گرم، با تابستان‌های گرم و خشک تقسیم بندی می‌شود (www.irimo.ir). بر اساس آمار ایستگاه هواشناسی زهک میانگین درازمدت ۲۰ ساله بارندگی در منطقه ۶۳ میلی‌متر، پتانسیل تبخیر سالیانه به‌طور متوسط ۴۵۰۰ میلی‌متر، میانگین درازمدت حداکثر درجه حرارت ۲۳ درجه سانتی‌گراد و حداقل درجه حرارت ۷- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. قبل از شروع آزمایش، به‌منظور بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیای خاک محل آزمایش، نمونه خاک به‌صورت تصادفی از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری تهیه گردید. خاک محل آزمایش دارای بافت لوم شنی و pH معادل ۷/۵ بود (جدول ۱).

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

Table 1- Some physical and chemical traits of the soil

بافت Texture	شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	نیتروژن N (%)	منیزیم Mg ($mg.kg^{-1}$)	فسفر P ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم K ($mg.kg^{-1}$)	کلسیم Ca ($mg.kg^{-1}$)	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH
لوم- شنی Sandy loam	42	28	30	0.07	0.1	10.4	148	10.8	1.6	7.5

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل‌های آزمایشی عبارت بودند از جهت کاشت در دو جهت شمالی- جنوبی و شرقی- غربی به‌عنوان عامل اصلی و سیستم کاشت مخلوط جایگزینی در پنج سطح شامل (۱۰۰ درصد آفتابگردان خالص)، (۱۰۰ درصد لوبیا خالص)، (۵۰ درصد آفتابگردان به‌علاوه ۵۰ درصد لوبیا)، (۲۵ درصد لوبیا به‌علاوه ۷۵ درصد آفتابگردان) و (۷۵ درصد لوبیا به‌علاوه ۲۵ درصد آفتابگردان) به‌عنوان عامل فرعی منظور شدند. ارقام مورد استفاده در این آزمایش آفتابگردان آجیلی رقم کانادایی با دوره رشد ۱۵۰-۸۰ روز و لوبیای چشم بلبلی از توده محلی (ماک) با دوره رشد ۱۸۰ روز بودند.

زمین مورد نظر در سال زراعی قبل تحت آیش بوده و در پاییز شخم عمیق زده شد. در اوایل اسفند برای خرد کردن کلوخه دو بار دیسک عمود بر هم اعمال شد و با استفاده ار دستگاه لولر تسطیح و سپس توسط فاروئر جوی پشته ایجاد شد. هر واحد آزمایشی با چهار ردیف کشت به‌طول دو متر بود. تمامی تیمارها به‌صورت یک ردیف آفتابگردان و یک ردیف لوبیای چشم بلبلی کشت شدند. کاشت بذور در محل داغ آب به‌صورت دستی و به‌روش کپه‌ای انجام گردید و در هر کپه، سه تا چهار بذر قرار داده شد. فاصله هر ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله کپه‌ها روی ردیف‌ها با توجه به نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی متفاوت بودند. عملیات کاشت هر دو گیاه به‌صورت هم‌زمان در نیمه دوم اسفند ماه به‌روش هیرم‌کاری انجام شد. یک سوم کود اوره به‌همراه کودهای فسفاته و پتاسه بر اساس ۲۰۰ کیلوگرم اوره، ۱۰۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم و ۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم موقع کاشت و بقیه کود اوره طی دو تقسیط دو هفته بعد از جوانه‌زنی و قبل از گل‌دهی مصرف شد.

عملیات داشت شامل آبیاری، واکاری، تنک کردن و مبارزه با علف‌های هرز در طول دوره رشد انجام شد. برای مقایسه برتری کشت مخلوط نسبت به کشت خالص از شاخص نسبت برابری زمین استفاده شد. جهت تعیین تغییرات عناصر غذایی خاک بعد از برداشت نسبت به اندازه‌گیری عناصر غذایی خاک اقدام شد. کلسیم و منیزیم با استفاده از روش تیتراسیون، پتاسیم از روش عصاره‌گیری گل اشباع با استفاده از دستگاه جذب اتمی و فسفر هم به‌روش اولسن (Olsen & Sommers, 1982) در آزمایشگاه تحقیقات دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل اندازه‌گیری گردید. تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) در زیر سایه‌انداز گیاه بر اساس عدد ثبت شده با دستگاه تشعشع‌سنج مدل (DELTA-T DEVICES) ساخت کشور آمریکا اندازه‌گیری شد.

این دستگاه دارای میله حساس به تشعشع بـه‌طـول یـک متـر بـرای اندازه‌گیری تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) در زیر تاج‌پوشـش مـی-باشد. اندازه‌گیری تشعشع در ظهـر خورشـیدی در سـاعات ۱۱/۳۰ تـا ۱۲/۳۰ و ۹۰ روز بعد از کاشت صورت گرفت. سنسور حساس نوری به طور کاملاً تراز درست در بین گیاهان در زیر تاج‌پوشش قـرار گرفـت. برای اندازه‌گیری دمای خـاک از دماسـنج مخصـوص سـاخت کشـور فرانسه استفاده شد. برای این کار دماسنج در بین ردیف‌های کاشت در عمق ۱۵ سانتی‌متری قرار گرفت دمای خـاک در تیمارهـای مختلـف آزمایش اندازه‌گیری گردید. اندازه‌گیری دمای خاک در مرحلـه رشـدی ۹۰ روز پس از کاشت (ساعت ۱۲) در ظهر روز بعد از هر آبیاری انجام گرفت. محتوای آب خاک در یک مرحله در طـول دوره رشـد، ۹۰ روز بعد از کاشت در عمق ۱۵-۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. برای این کـار حجم مشخصی از خاک توسط رینگ اسـتوانه‌ای بـا حجـم مشـخص (۱۰۰ سانتی‌مترمکعب) از هر تیمار انتخاب و بلافاصله این حجم خاک وزن گردید (وزن مرطـوب) و سـپس در دسـتگاه آون در دمـای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و پس از ۴۸ ساعت جهـت تعیـین وزن خشک دوباره توزین گردید (وزن خشک). درصد رطوبت حجمی خاک هر تیمار آزمایش توسط معادله زیر محاسـبه گردیـد (Rajaii et al., 2018).

معادله (۱)

$$Qt = \frac{Vm}{Vt}$$

که در آن، Qt: درصـد رطوبـت حجمـی، Vm: حجـم آب خـاک (تفاوت وزن مرطوب و وزن خشـک) و Vt: حجـم کـل نمونـه خـاک (۱۰۰ سانتی‌متر مکعب) می‌باشند.

برای ارزیابی سودمندی کشـت مخلـوط شـاخص نسـبت برابـری زمین (LER) محاسبه گردید. تجزیه و تحلیـل داده‌هـا بـا اسـتفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ و مقایسه میـانگین‌هـا بـا اسـتفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سـطح پـنج درصـد صـورت گرفت.

نتایج و بحث

جذب تشعشع فعال فتوسنتزی

نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد کـه میـزان جذب تشعشع فعال فتوسنتزی به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر جهت کاشت قرار گرفت، امّا تحت تأثیر سیستم‌های کشت مخلوط و اثرات متقابل معنی‌دار نبود (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایش بر شاخص‌های کارایی مصرف منابع محیطی

Table 2- The analysis of variance the effect of experimental treatments on environmental resource consumption efficiency indicators

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Means of squares تشعشع فعال فتوسنتزی PAR	دمای خاک Soil temperature	رطوبت حجمی Volumetric humidity
بلوک Replication	2	290.68^{ns}	4.90^{ns}	87.89^{ns}
جهت کشت Planting direction (P)	1	2772.48^{**}	456.30^{**}	42.43^{ns}
خطای اصلی Error (a)	2	139.04	8.02	11.18
کشت مخلوط Intercropping (I)	4	185.03^{ns}	2.85^{ns}	369.38
P × I	4	119.002^{ns}	2.231^{ns}	23.51^{ns}
خطای فرعی Error (b)	16	106.31	7.41	32.47
ضریب تغییرات C.V (%)	-	5.09	8.87	9.16

ns: غیر معنی‌دار و **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

ns: Non significant different and **: significant at 1% probability level

بیشترین مقدار جذب تشعشع فعال فتوسنتزی در جهت کشت شرقی- غربی نسبت به تیمار شمالی- جنوبی در بالاترین میزان (۷۷/۹۰ درصد) بود که ۲۴/۶ درصد نسبت به جهت شمالی- جنوبی بیشتر بود (جدول ۳). معمولاً افزایش تراکم، شاخص سطح برگ کافی برای دریافت تشعشع نسبت به کشت خالص فراهم می‌کند. بنابراین، از آنجایی که در جهت شرقی- غربی سایه‌اندازی کم است (Sharifi et al., 2017)، گیاهان نسبت به جهت شمالی- جنوبی در طول روز تشعشع بیشتری دریافت می‌کنند.

جدول ۳- مقایسه میانگین تیمارهای آزمایش بر شاخص‌های کارایی مصرف منابع محیطی

Table 3- Comparison of means treatments on environmental resource consumption efficiency indicators

تیمارهای آزمایشی Experimental treatments	تشعشع فعال فتوسنتزی PAR (%)	دمای خاک Soil temperature (°C)	رطوبت حجمی Volumetric humidity (%)
جهت کشت Planting direction			
شرقی- غربی East-West	77.9	26.78	63.39
شمالی- جنوبی North-south	58.67	34.58	61.01
LSD 5%	18.53	4.45	5.25
کشت مخلوط Intercropping			
خالص آفتابگردان Sole crop of sunflower	72.63	31.38	50.68
خالص لوبیا Sole crop of cowpea	75.65	30.65	69.70
۵۰٪ آفتابگردان + ۵۰٪ لوبیا 50% sunflower + 50% cowpea	63.65	30.18	66.28
۷۵٪ آفتابگردان + ۲۵٪ لوبیا 75% sunflower+25% cowpea	66.11	29.85	66.69
۲۵٪ آفتابگردان + ۷۵٪ لوبیا 25% sunflower + 75% cowpea	63.38	31.36	57.65
LSD 5%	13.73	3.62	6.97

در بررسی کشت مخلوط لوبیا و ذرت مشخص شد که کارایی مصرف تشعشع برای دو گیاه ذرت و لوبیا در کلیه تیمارهای کشت مخلوط بیشتر از تک کشتی دو گونه بود. در واقع، در تک‌کشتی همواره مقادیری از تشعشات فعال فتوسنتزی به‌دلیل وجود فضاهای خالی در سایه‌انداز گیاه تلف می‌شود، ولی در کشت مخلوط به‌دلیل پوشش بیشتر و سطح برگ مناسب‌تر این تلفات کاهش و در نتیجه، میزان جذب تشعشع کل نسبت به کشت خالص افزایش یابد. این مسئله سبب بهبود کارایی مصرف تشعشع و در نتیجه، باعث افزایش عملکرد می‌گردد (Mansori et at., 2013).

دمای خاک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که جهت کشت تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر دمای خاک داشت (جدول ۲). جهت شرقی- غربی کمترین (۲۶/۷۸ سانتی‌گراد) و جهت شمالی- جنوبی بیشترین دمای خاک (۳۴/۵۸ سانتی‌گراد) را داشتند (جدول ۳). با توجه به این که منطقه مورد تحقیق جزو مناطق خشک و نیمه خشک کشور می‌باشد، باد می‌تواند موجب تبخیر و تعرق و ایجاد تنش رطوبتی در گیاه گردد (Ernon, 1998). از آنجایی که جهت شمالی- جنوبی در جهت بادهای غالب این منطقه قرار دارد، بنابراین دمای خاک به‌دلیل کاهش رطوبت خاک در جهت شمالی- جنوبی افزایش پیدا کرده است. به نظر می‌رسد جهت شرقی- غربی که خلاف جهت باد غالب در منطقه بوده موجب کاهش سرعت باد و افزایش نگهداری آب در خاک گردید. در تحقیق دیگری، بررسی تأثیر جهت‌های کاشت بر دمای خاک نشان داد که اگر چه تفاوت آماری

معنی‌داری در تجزیه واریانس داده‌ها بین دمای خاک در جهت‌های شمالی- جنوبی با شرقی- غربی وجود نداشت، امّا مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که دمای خاک در جهت شمالی جنوبی بیشتر از جهت شرقی- غربی بود (Rigi et al., 2020).

رطوبت حجمی خاک

طبق نتایج به‌دست آمده از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که فقط سیستم کشت مخلوط در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری بر رطوبت حجمی خاک داشت (جدول ۲). جهت کشت تفاوت معنی‌داری بر میزان رطوبت حجمی خاک نشان نداد، امّا بیشترین مقدار رطوبت حجمی خاک در جهت شرقی- غربی به‌دست آمد که نسبت به جهت شمالی جنوبی حدود چهار درصد بیشتر بود (جدول ۳). بیشترین مقدار رطوبت حجمی مربوط به خالص لوبیا که با مخلوط ۷۵ درصد آفتابگردان و ۲۵ درصد لوبیا از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نشان نداد. در شرایطی که رطوبت خاک مهم‌ترین عامل محدودکننده است، کشت مخلوط ممکن است هم سودمندی مکانی و هم زمانی در استفاده از آب داشته باشد. در کشت مخلوط افزایش دریافت آب از خاک می‌تواند به‌دلیل افزایش تراکم ریشه‌ها وگسترش آن‌ها در افق‌های مختلف خاک باشد. همچنین، کشت مخلوط به‌دلیل تاج پوشش گسترده‌تر نسبت به کشت خالص، دمای خاک کمتر و در نتیجه، تبخیر از سطح خاک کاهش می‌یابد و موجب کاهش هدرروی آب می‌گردد (Saudy & Elmetwally, 2009).

ارزیابی عناصر غذایی خاک

منیزیم

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس عنصر منیزیم تحت تأثیر جهت کشت در سطح احتمال پنج درصد و سیستم کشت مخلوط در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۴).

جدول ٤- تجزیه واریانس بر صفات کیفی آفتابگردان

Table 4- The analysis of variance on the qualitative traits of sunflower

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Means of squares: منیزیم Mg	فسفر P	کلسیم Ca	پتاسیم K
بلوک Replication	2	1.76^{ns}	0.00024^{ns}	133.98^{ns}	7.88^{ns}
جهت کشت Planting direction (P)	1	139.75*	0.0040**	906.84**	4.12^{ns}
خطای اصلی Error (a)	2	1.88	0.00056	5.438	8.74
کشت مخلوط Intercropping (I)	4	505.39**	0.0093**	46.03^{ns}	15.45^{ns}
کشت مخلوط × جهت کشت P × I	4	28.73^{ns}	0.00002^{ns}	160.84**	26.82**
خطای فرعی Error (b)	16	33.35	0.00014	23.67	4.12
ضریب پراکندگی C.V (%)	-	13.83	9.54	5.05	10.42

ns: غیر معنی‌دار و **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

ns: Non significant different and **: significant at 1% probability level

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که جهت شرقی- غربی با میزان منیزیم ۳۷/۰۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم نسبت به جهت شمالی جنوبی ۳۲/۷۳ به‌میزان ۱۳ درصد از منیزیم بیشتری برخوردار بود (جدول ۵). در بین سیستم‌های کشت تیمار خالص لوبیا (۵۰/۱۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بیشترین مقدار منیزیم را نشان داد. در بین کشت‌های مخلوط تیمار ۵۰ درصد لوبیا به‌علاوه ۵۰ درصد آفتابگردان با مقدار ۳۶/۲۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بالاترین میزان منیزیم را داشت.کمترین میزان منیزیم در تیمار ۷۵ درصد آفتابگردان به‌علاوه ۲۵ درصد لوبیا

بود که از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با تیمار ۲۵ درصد آفتابگردان به‌علاوه ۷۵ درصد لوبیا نداشت (جدول ۵). احتمالاً افزایش میزان منیزیم خاک در جهت کشت شرقی- غربی باعث کاهش سرعت باد و همچنین، جلوگیری از اثرات مخرب فرسایش بادی و حفظ حاصلخیزی خاک شده است. از جمله تبعات فرسایش بادی می‌توان به کاهش حاصلخیزی خاک اشاره کرد (Kheirabadi et al., 2018; Sirjani et al., 2019). جذب و استفاده از عناصر غذایی توسط گیاهان زراعی باید تا حد امکان با کارآیی بالا صورت بگیرد. این امر در سیستم‌های کشت مخلوط می‌تواند با اثرات مکملی و تسهیل‌کنندگی دو گونه تحقق یابد.

جدول ۵- مقایسه میانگین تیمارهای آزمایش بر عناصر غذایی خاک

Table 5- Comparison of means experiments treatments on soil nutrients

تیمارهای آزمایش Experiment treatments	منیزیم Mg (mg.kg^{-1})	فسفر P (mg.kg^{-1})
جهت کاشت Planting direction		
شرقی- غربی East-west	37.04	0.13
شمالی- جنوبی North-south	32.73	0.11
LSD 5%	2.16	0.037
کشت مخلوط Intercropping		
خالص آفتابگردان Sole crop of sunflower	31.75	0.081
خالص لوبیا Sole crop of cowpea	50.11	0.081
۵۰٪ آفتابگردان + ۵۰٪ لوبیا 50% sunflower + 50% cowpea	36.22	0.145
۷۵٪ آفتابگردان + ۲۵٪ لوبیا 75% sunflower + 25% cowpea	29.45	0.15
۲۵٪ آفتابگردان + ۷۵٪ لوبیا 25% sunflower + 75% cowpea	26.90	0.16
LSD 5%	5.91	0.014

probability level.

اسکندری و قنبری (Eskandari & Ghanbari, 2011) در کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی نشان دادند که جذب عناصر غذایی کلسیم، منیزیم، پتاسیم و فسفر در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص افزایش یافت. افزایش جذب مواد غذایی بر اثر تلقیح با باکتری‌های محرک رشد را می‌توان به تغییرات مورفولوژیکی در ریشه گیاهان به‌ویژه افزایش تعداد، طول، ضخامت ریشه و ظرفیت تبادل کاتیونی بالای ریشه گیاهان تلقیح شده نسبت داد (Mahanta et al., 2014). قارچ‌های میکوریزا با نفوذ در منافذ ریز خاک که مقدار آب قابل جذب بالاتری نیز دارند، موجب افزایش جذب عناصر غذایی می‌شود (Seyed sharifi & Namvar, 2015).

فسفر

نتایج به‌دست آمده از جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴) نشان داد که جهت کشت و سیستم‌های کشت مخلوط در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری بر میزان فسفر خاک پس از برداشت داشت. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که میزان فسفر خاک در جهت کشت شرقی- غربی به‌میزان ۱۵ درصد بیشتر از جهت کشت شمالی- جنوبی بود. همچنین، مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که در بین سیستم‌های کشت مخلوط به‌ترتیب ۲۵ درصد آفتابگردان به‌علاوه ۷۵ درصد لوبیا (۰/۱۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و ۷۵ درصد آفتابگردان به‌علاوه ۲۵ درصد لوبیا (۰/۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بالاترین میزان فسفر را به خود اختصاص دادند که نسبت به کشت

خالص تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۵). می‌توان چنین نتیجه گرفت که افزایش میزان فسفر خاک در جهت کشت شرقی- غربی که عمود بر جهت باد غالب و فرساینده قرار دارد، باعث تقلیل سرعت باد و همچنین جلوگیری از اثرات مخرب فرسایش بادی و حفظ حاصلخیزی خاک شده است. از جمله تبعات فرسایش بادی می‌توان به کاهش حاصلخیزی خاک اشاره کرد (Kheirabadi et al., 2018; Sirjani et al., 2019). عواملی مانند رطوبت کم، پوشش گیاهی محدود، خصوصیات فیزیکی خاک و وقوع بادهای شدید احتمال فرسایش بادی را افزایش می‌دهد (Du et al., 2018). شاید بتوان چنین بیان کرد که اجرای الگوی کشت صحیح با مدیریت شرایط محیطی در بعد زمان و مکان (Moradi et al., 2017)، و حداکثر استفاده از فصل رشد، آب، درجه حرارت، تشعشع و سایر منابع (Amini Machiani et al., 2018)، از طریق انتخاب تراکم و جهت مناسب کشت امکان‌پذیر است (Morales et al., 2009).

جذب عناصر غذایی در سیستم‌های کشت مخلوط می‌تواند با اثرات مکملی اجزای کشت مخلوط در جستجوی عناصر غذایی در طول پروفیل خاک، به‌دلیل تفاوت در عمق توسعه ریشه و یا تفاوت در طول دوره رشد تحقق یابد. برخی پژوهشگران بر این باورند که نقش اصلی قارچ میکوریزا دسترسی بیشتر به عناصری از قبیل فسفر است (Weisanny et al., 2016). افزایش فسفر در ریزوسفر ممکن است به‌دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز در ریشه و خاک سبب افزایش جذب فسفر در کشت مخلوط و آزادسازی آن در خاک گردد (Seyed Sharifi & Namvar, 2015). در کشت مخلوط آفتابگردان و گونه‌ای از سیر (*Allium sativum* L.)عنوان شده است که همزیستی میکوریزایی، سبب افزایش جذب عناصر غذایی کم تحرک همچون فسفر شده و آن‌ها را به‌صورت قابل جذب برای گیاه در می‌آورد (Zhanga et al., 2019). ویسانی و همکاران (Weisanny et al., 2016) در کشت مخلوط شوید(*Anethum graveolens* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)گزارش کردند که میزان عنصر فسفر در کشت مخلوط با کاربرد قارچ میکوریزا بیشتر از کشت خالص بود.

کلسیم

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر جهت کشت و اثر متقابل آن با نسبت‌های کشت مخلوط بر میزان کلسیم خاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). با بررسی جدول مقایسه میانگین تیمارها مشخص گردید که بیشترین میزان کلسیم خاک در تیمار کشت شرقی- غربی و کشت مخلوط ۷۵ درصد آفتابگردان به‌علاوه ۲۵ درصد لوبیا (۱۱۰/۱۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم) به‌دست آمد. کمترین مقدار کلسیم خاک در تیمار کشت شرقی- غربی و کشت خالص لوبیا (۸۴/۷۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) به‌دست آمد (جدول ۶).

نتایج حاصل از کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیا نشان داد که جذب کلسیم در کشت‌های مخلوط به‌طور معنی‌داری بیشتر از خالص آفتابگردان و لوبیا در جهت کشت شرقی- غربی است و عنصر کلسیم در کشت خالص لوبیا (۸۴/۷۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در مقایسه با کشت خالص آفتابگردان (۹۵/۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) به‌میزان بیشتری جذب شدند (جدول ۶)، که با نتایج سایر محققین مطابقت دارد (Eskandari & Ghanbari, 2011). با افزایش فعالیت ریزجانداران (باکتری *سودوموناس*)، رشد بهتر گیاه و جذب بهتر عناصر غذایی به‌خصوص کلسیم فراهم می‌گردد (Habibi et al., 2017).

پتاسیم

با توجه به نتایج تجزیه واریانس مشخص گردید که اثر متقابل جهت کشت در نسبت‌های کشت مخلوط اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر میزان پتاسیم خاک داشت (جدول ۴). بیشترین میزان پتاسیم خاک در تیمار شرقی غربی و کشت مخلوط ۵۰ درصد آفتابگردان به‌علاوه ۵۰ درصد لوبیا (۲۴/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) به‌دست آمد. کمترین مقدار پتاسیم خاک (۱۶/۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در تیمار کشت شرقی- غربی و نسبت مخلوط ۷۵ درصد آفتابگردان به‌علاوه ۲۵ درصد لوبیا به‌دست آمد (جدول ۶). به نظر می‌رسد کمبود آب در خاک در جهت کشت شمالی- جنوبی از طریق اثر بر رشد ریشه و تحرک عناصر غذایی در خاک در جذب عناصر معدنی توسط گیاهان مؤثر باشد. به‌کارگیری تراکم‌های مطلوب دو گونه در کشت مخلوط موجب اشغال مناسب نیچ‌های خالی و افزایش جذب عناصر غذایی در واحد سطح و کاهش میزان تلفات می‌گردد که این امر می‌تواند در بهبود میزان کارایی استفاده از عناصر غذایی مؤثر باشد (Rezvani Moghadam & Seyedi, 2014). در پژوهشی که به‌منظور بررسی میزان پتاسیم خاک بعد از برداشت محصول انجام گردید، مشخص شد که بیشترین و کمترین میزان پتاسیم خاک به‌ترتیب در کشت خالص لوبیا چشم بلبلی و کشت خالص ذرت

به‌دست آمد و در بین سیستم‌های کشت مخلوط، کشت مخلـوط ۱۰۰ درصد ذرت به‌علاوه ۱۰۰ درصد لوبیـا چشـم بلبلـی بـالاترین میـزان پتاسیم خاک را به خود اختصاص داد (Dahmardeh, 2010).

جدول ٦- مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای آزمایش بر پتاسیم خاک

Table 6- The comparison of means interaction effects of experimental treatments on soil potassium

تیمارهای آزمایشی Experimental treatments		کلسیم Ca (mg.kg^{-1})	پتاسیم K (mg.kg^{-1})
جهت کشت Planting direction	**سیستم کشت مخلوط Intercropping system**		
شرقی- غربی East-west	خالص آفتابگردان Sole crop of sunflower	95.20	21.57
	خالص لوبیا Sole crop of cowpea	84.73	18.66
	۵۰٪ آفتابگردان + ۵۰٪ لوبیا 50% sunflower + 50% cowpea	92.68	24.70
	۷۵٪ آفتابگردان + ۲۵٪ لوبیا 75% sunflower + 25% cowpea	110.14	16.15
	۲۵٪ آفتابگردان + ۷۵٪ لوبیا 25% sunflower + 75% cowpea	103.72	18.19
شمالی- جنوبی North-south	خالص آفتابگردان Sole crop of sunflower	94.99	17.75
	خالص لوبیا Sole crop of cowpea	86.76	22.01
	۵۰٪ آفتابگردان + ۵۰٪ لوبیا 50% sunflower + 50% cowpea	92.68	18.16
	۷۵٪ آفتابگردان + ۲۵٪ لوبیا 75% sunflower + 25% cowpea	105.05	18.22
	۲۵٪ آفتابگردان + ۷۵٪ لوبیا 25% sunflower + 75% cowpea	97.27	19.41
LSD 5%	-	9.76	3.51

در کشت مخلوط، ترشحات ریشـه دو گیـاه در محـیط رایزوسـفر موجب افزایش جذب و فراهمی عناصر غذایی می‌شود. این افزایش را می‌توان به نقش باکتری‌های آزادکننده پتاسیم و قارچ مایکوریزا نسبت داد. پارسا مطلـق و همکـاران (Parsa-Motlagh et al., 2016) در بررسی تأثیر قارچ میکوریزا بر عناصر غذایی لوبیا مشاهده کردنـد کـه قارچ مایکوریزا منجر به افزایش غلظت عنصر پتاسیم برگ لوبیا شد.

نسبت برابری زمین

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس، نسبت برابری زمـین کـل تحت تأثیر سیستم کشت مخلوط در سطح احتمال یـک درصـد قـرار گرفت، امّا تحت تأثیر جهـت کشـت و اثـرات متقابـل معنـی‌دار نبـود (جدول ۷).

مقایسه میانگین سیسـتم کشـت مخلـوط نشـان داد کـه در بـین تیمارهـا، مخلـوط ۷۵ درصـد آفتـابگردان بـه‌علاوه ۲۵ درصـد لوبیـا بالاترین میزان نسبت برابری زمین (۲/۵۴) را داشت (جـدول ۸)، کـه نشان‌دهنده مکمل بودن این دو گیاه در استفاده از عناصر غذایی است و اینکه هر یک از اجزا در کشت مخلوط نسبت بـه کشـت خـالص در استفاده از منابع موفق بوده‌اند.

جدول ۷- تجزیه واریانس نسبت برابری زمین در آزمایش کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیای محلی

Table 7- Analysis of variance of LER in sunflower and local cowpea intercropping experiment

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Means of squares: نسبت برابری زمین لوبیا LER cowpea	نسبت برابری زمین آفتابگردان LER sunflower	نسبت برابری زمین کل Total LER
بلوک Replication	2	0.01	0.10	0.17
جهت کشت Planting direction (P)	1	0.0002 ns	0.10 ns	0.11 ns
خطای اصلی Error (a)	2	0.002	0.01	0.02
کشت مخلوط Intercropping (I)	2	0.03 *	6.14 **	5.36 **
P × I	2	0.003 ns	0.02 ns	0.04 ns
خطای فرعی Error (b)	4	0.001	0.01	0.03
ضریب پراکندگی C.V (%)	-	6.68	8.71	13.95

ns: غیر معنی‌دار و **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

ns: Non significant different and **: significant at 1% probability level

جدول ۸- مقایسه میانگین‌های اثر جهت کشت و نسبت‌های کشت برای نسبت برابری زمین

Table 8- Means comparison of the effect of cultivation direction and cultivation ratios for the ratio of land equality

تیمارهای آزمایش Experiment treatments	نسبت برابری زمین لوبیا LER cowpea	نسبت برابری زمین آفتابگردان LER sunflower	نسبت برابری زمین کل Total LER
جهت کاشت Planting direction			
شرقی- غربی East-west	0.23	1.39	1.62
شمالی- جنوبی North-south	0.22	1.24	1.46
LSD 5%	0.14	0.25	0.33
کشت مخلوط Intercropping			
۵۰٪ آفتابگردان + ۵۰٪ لوبیا 50% sunflower + 50% cowpea	0.31	0.35	0.66
۷۵٪ آفتابگردان + ۲۵٪ لوبیا 75% sunflower + 25% cowpea	0.19	2.37	2.54
۲۵٪ آفتابگردان + ۷۵٪ لوبیا 25% sunflower + 75% cowpea	0.17	1.23	1.42
LSD 5%	0.05	0.20	0.27

سرعت رشد گیاه زراعی، تراکم کاشت، تفاوت در عمق توسعه و تراکم ریشه از عواملی هستند که بر میزان رقابت بین اجزای کشت مخلوط در مصرف عناصر غذایی تأثیر می‌گذارند. نتایج به‌دست آمده با مطالعات دهمرده (Dahmardeh, 2010) مطابقت دارد. وی اعلام کرد که در کشت مخلوط ذرت و ماش کشت مخلوط ۷۵ درصد ذرت به‌علاوه ۲۵ درصد ماش با مقدار ۱/۴۲ بالاترین مقدار نسبت برابری

زمین را دارند. سادی و المتولی (Saudy & Elmetwally, 2009) طی آزمایشی اعلام کردند که با کشت مخلوط آفتابگردان و سویا مقدار LER به ۱/۳۷ رسید. نتایج مطالعات الهدادی و همکاران (Allahdadi et al., 2013) روی کشت مخلوط ردیفی سویا و همیشه بهار مؤید افزایش نسبت برابری زمین در الگوهای کشت مخلوط بود. به‌طور کلی، مدیریت خشکسالی را باید به‌عنوان یک عامل جامع و کلیدی در راستای کشاورزی پایدار در نظر گرفت. بنابراین، کشاورزان باید به‌سمت حفظ خاک، اقلیم و کشاورزی بوم‌سازگار تشویق شوند.

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده نشان داد که بیشترین میزان جذب تشعشع فعال فتوسنتزی و رطوبت حجمی خاک در جهت کاشت شرقی- غربی حاصل گردید. در بین کشت‌های مخلوط تیمار ۷۵ درصد آفتابگردان به‌علاوه ۲۵ درصد لوبیا بالاترین میزان نسبت برابری زمین را به خود اختصاص داد. به نظر می‌رسد که جهت حفظ رطوبت و استفاده حداکثری از منابع محدود آب و کسب عملکرد بالا کشت مخلوط ۷۵ درصد آفتابگردان به‌علاوه ۲۵ درصد لوبیا و کاشت در جهت خلاف باد غالب منطقه (شرقی- غربی) برای این منطقه و مناطق مشابه شرایط اقلیمی و بادخیز کشور مناسب باشد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از رئیس و کارکنان محترم پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل که صمیمانه در اجرای این پایان نامه ما را همراهی نمودند تشکر می‌نماییم.

References

1. Allahdadi, M., Shakiba, M.R., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., & Amini, R., (2013). Evaluation of yield and advantages of soybean (*Glycine max* L.) Merrill.) and calendula (*Calendula officinalis* L.) intercropping systems. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science*, *23*(3), 47-58. (In Persian with English abstract)
2. Amini Machiani, M., Javanmard, A., Morshedloo, M.R., & Maggi, F., (2018). Evaluation of competition, essential oil quality and quantity of peppermint intercropped with soybean. *Industrial Crops and Products*, *111*, 743-754. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.11.052
3. Dahmardeh, M., (2010). The study of ecophysiological aspects of maize crop and bean pollen production on the quality and quantity of single wheat maize forage. 704. Ph.D. dissertation of Agronomy, Faculty of Agriculture, Zabol University, Iran. (In Persian with English abstract)
4. Du, H., Wang, T., Xue, X., & Li, S., (2018). Modelling of sand/dust emission in Northern China from 2001 to 2014. Geoderma *330*,162-17. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.05.038
5. Ernon, I., (1998). Principles and operations of agriculture in arid, Small, AS, & Soltani, A. (Translator), Publishing Agricultural Education (In Persian)
6. Eskandari, H., & Ghanbari, A., (2011).Evaluation of competition and complementary components of maize (*Zea mays*) and *Vigna sinensis* beans on nutrient utilization. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, *21*(2),75-68.
7. Eskandari, H., & Ghanbari, A., (2011). Evaluation of competition and corn (*Zea mays* L.) and cowpea (*Vignu sinesis* L.) intercropping for nutrient consumption. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, *21*(2), 67-75. (In Persian with English abstract)
8. Farzin, P.A., Hosseinpanahi, F., & Alizadeh, Y., (2016). Evaluation the effect of different planting combinations on radiation absorption and use efficiency in sesame and chickpea intercropping in an additive series. *Ecological Agriculture*, *6*(1), 81-97. (In Persian)
9. Gonias, E.D., Oosterhuis, D.M., & Bibi, A.C., (2011). Light interception and radiation use efficiency of okra and normal leaf cotton isolines. *Environmental and Experimental Botany*, *72*, 217-222.
10. Habibi, H., Motesharezadeh, B., & Alikhani, H.A., 2017. Effect of biochar and biological treatments on nutrient elements content (P, K, Ca, Mg, Fe and Mn) of *Amaranthus* in oil polluted soil. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, *48*(2), 369-384. (In Persian with English abstract)
11. Ibrahim, M., Ayub, M., Maqbool, M.M., Nadeem, S.M., Tanver-Ul-Haq, T., Hussain, S., Ali, A., & Lauriault, L.M., (2014). Forage yield components of irrigated maize-legume mixtures at varied seed ratios. *Field Crops*

Research, *169*, 140-144.

12. Kheirabadi, H., Mahmoodabadi, M., Jalali, V., & Naghavi, H., (2018). Sediment flux, wind erosion and net erosion influenced by soil bed length, wind velocity and aggregate size distribution. *Geoderma*, *323*, 22-30. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.02.042
13. Kremer, R.J., & Kussman. R.J., (2011). Soil quality in a pecan–kura clover alley cropping system in the Midwestern USA. *Agroforest System, 93*, 213 -223.
14. Mahanta, D., Rai, R.K., Mishra, S.D., Raja, A., Purakayastha, T.J., & Varghese, E., (2014). Influence of phosphorus and biofertilizers on soybean and wheat root growth and properties. *Field Crops Research*, *166*, 1-9. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.06.016
15. Mansori, H., Mansori, L., Jamshidi, K., Rastgo, M., & Moradi, R., (2013). Absorption and efficiency of light use in additive intercropping bean and maize in zanjan region. *Journal of Crop Production and Processing*, *3*(9), 15-26.
16. Moghbeli, T., Bolandnazar, S., Panahande, J., & Raei, Y., (2019). Evaluation of yield and its components on onion and fenugreek intercropping ratios in different planting densities. *Journal of Cleaner Production*, *213*, 634-641. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.138
17. Moradi, R., Koocheki, A., & Nasiri Mahallati, M., (2017). Evaluation of economical yield and radiation use efficiency of maize and cotton in sole and intercropping systems as affected by different levels of Nitrogen. *Journal of Crop Production and Processing*, *7* (2), 47-59. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.18869/acadpub.jcpp.7.2.47
18. Morales, R.E.J., Escalante, E.J.A., Sosa, C.L., & Volke, H.V.H., (2009). Biomass, yield and land equivalent ratio of *(Helianthus annus* L) in sole crop and intercropped with (*Phaseolus vulgaris* L.) in high valleys of Mexico. *Tropical and Subtropical Agro Ecosystems, 10*, 431 – 439.
19. Nasser Alavi, S.M., & Shamsuddin Saeed, M., 2008. Effect of planting direction and density on grain yield and seed sorghum in Bam. *Journal of Agricultural Science and Technology, 12* (45): 97-91.
20. Olsen, S.R., & Sommers, L.E., (1982). Phosphorus. pp. 416-418. Methods of soil analysis, part2. Agron. Monggr. 9.2nd ed. ASA and SSSA, Madiso, WI.
21. Parsa-Motlagh, B., Mahmoodi, S., Sayyari-Zahan, M. & Naghizadeh, M., (2016). Effect of mycorrhizal fungi and phosphorus fertilizer on concentration of leaf nutrients and photosynthetic pigments of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under salinity stress condition. *Journal of Agroecology*, *3*(2), 233-244. (In Persian with English abstract)
22. Poggio, S.L., 2005. Structure of weed communities occurring in monoculture and intercropping of field pea and barley. *Agriculture Ecosystems and Environment*, *109*, 48-58.
23. Rahmati, E., Khalesro, S., & Heidari, G., (2020). Improving quantitative and qualitative yield of black cumin (*Nigella sativa* L.) in intercropping with fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *Journal of Agroecology*, *11*(4), 1261-1273. (In Persian with English abstract). https://doi/ 20.1001.1.20087713.1398.11.4.5.6
24. Rajaii, M., Dahmardeh, M., Khammari, I., & Keshtegar, B., (2018). The effect of planting pattern and vermicompost on the changes in soil nutrients and use of environmental resources in intercropping of corn (*Zea mays* L.), peanut (*Arachis hypogaea* L.) and borage (*Borago officinalis* L.). *Journal of Agroecology, 10*(2), 547-564. (In Persian with English abstract). https://doi/10.22067/jag.v10i2.62071
25. Rezvani Moghaddam, P., & Seyedi, M., (2014). The role of organic and biological fertilizers in phosphorus and potassium uptake by *Nigella sativa*. *Horticultural Sciences*, *28* (1), 43-53. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/ijmapr.2014.6196
26. Rigi, F., Dahmardeh, M., Khammari, I., & Bagheri, R., (2020). The effect of optimum nitrogen management and planting directions on eco morphological characteristics, yield and yield components of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Journal of Agronomy, 11*(4), 1357-1374. https://doi/10.22067/jag.v11i4.74229
27. Saudy, H.S., & Elmetwally, I.M., (2009). Weed management under different patterns of sunflower–soybean intercropping. *Journal of Central European Agriculture*, *10*, 41-52.
28. Seyed Sharifi, R., & Namvar, A, (2015). Bio fertilizers in agronomy. University of Mohaghegh Ardabili, Ph.D. Dissertation, P, 280. (In Persian with English abstract)
29. Sharifi, S., Remurodi, M., Nasiri Mahallati, M., Golvi, M., & Kamali, G., (2017). Study of moisture and crop production in various climates of Iran. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, *27* (1), 120-

104.
30. Shobeiri, S. S., Habibi, D., Kashani, A., Pak Nejad, F., Jafari, H., & Lamei, J., (2011). Study of dry forage yield and quality of hairy vetch and triticale in pure stand and mixed cropping. *Crop Science*, *13*, 269-281.
31. Sirjani, E., Sameni, A., Moosavi, A., Mahmoodabadi, M., & Laurent, B., (2019). Portable wind tunnel experiments to study soil erosion by wind and its link to soil properties in the Fars province, Iran. *Geoderma, 333,* 69-80. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.07.012
32. Tsubo, M., Walker, S., & Mukhala, E., 2011. Comparisons of radiation use efficiency of mono-/inter-cropping systems with different row orientations. *Field Crops Research*, *71*, 17-29.
33. Weisanny, W., Raei, Y., Zehtab-Salmasi, S., Sohrabi, Y. & Ghassemi-Golezani, K., (2016). Arbuscular mycorrhizal fungi induced changes in rhizosphere, essential oil and mineral nutrients uptake in dill/common bean intercropping system. *Annals of Applied Biology*, 1-14.
34. Zhanga, Y., Hua, J., Bai, J.F., Qin, H., Wang, J., Wang, J. & Lin, X., (2019). Intercropping with sunflower and inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi promotes growth of garlic chive in metal-contaminated soil at a WEEE- recycling site. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *167*, 376-384.